

Bírálati vélemény Lógó János MTA doktori értekezéséről

A dolgozat rövid jellemzése

Lógó János akadémiai doktori disszertációjában olyan új algoritmusokat dolgoz ki, amelyek szerkezetoptimalizálási feladatok elvégzését segítik. A dolgozat első felében bemutatott algoritmusok újdonsága az, hogy lehetővé teszik egy lokális alakváltozási feltétel kikötését a szerkezetoptimalizálási feladatban, amelyre a szerző szerint azért van szükség, hogy a mérnöki gyakorlat szempontjából relevánsabb optimális megoldásokat kapjunk. A földrengés vizsgálatnál a tartó kialakítása és a ráhelyezendő teher közti kapcsolat miatt kell iterálni. A dolgozat második fele nagy léptékű topológia-optimalizálási feladatokkal foglalkozik, és az itt kidolgozott iteratív algoritmusok alacsonyabb számítási igénnyel szolgáltatnak megoldást, mint ha ugyanezt a nemlineáris matematikai programozási feladatok szokványos megoldási módszereivel oldaná meg az ember. A dolgozatban bemutatott algoritmusokat új, számottevő jelentőségű tudományos eredménynek tartom – egy kivétellel, melyet hibásnak tartok, ezt később részletezem. Sajnos az eredmények jelentőségének pontosabb megítélését gátolja az a tény, hogy a dolgozat az algoritmusok pusztán közlésére szorítkozik, amelyet mindössze az új módszerekkel megoldott néhány számpélda eredményének közlése egészít ki.

Ez azért alapvető probléma, mert az iterációs algoritmusok jellegzetes tulajdonsága az, hogy ha működnek, akkor gyorsak, ugyanakkor megbízhatatlanok: az iteráció esetenként nem konvergál, így az algoritmus nem szolgáltat semmilyen eredményt, vagy éppen lokális optimumhoz konvergál globális optimum helyett, azaz nem megfelelő eredményt ad. A dolgozatban ez a problémakör meg sincs említve – leszámítva a szerkezetoptimalizálás történetének összefoglalóját. Az olvasóban nagyon komoly hiányérzet marad ezzel kapcsolatban: bizonyítható az algoritmusok konvergenciája? Vagy nem bizonyított, de stabil a módszer? Valamilyen paraméterek hangolásával stabilizálható? Esetleg komoly nehézséget jelent a konvergencia elérése? Az ezekre a kérdésekre adott válaszoktól alapvetően függ, hogy az új módszerek számottevő hasznot hozhatnak-e a szerkezettervezésben.

A szerző a javasolt eljárásokat példákkal illusztrálja, de sajnos nem mindegyiket, továbbá nem elemzi a példákat, csak közli azok eredményét. Ez elfogadható, mert nem a példák konkrét eredménye jelenti az új tudományos eredményt, hanem az optimalizáló eljárások, mégis sokat elárulna a megoldási eljárások működéséről a példák eredményeinek elemzése. Pl. a 3.3 ábrán a grafikon szögletessége az algoritmus numerikus hibájából fakad? A 3.1 táblázat második sorának kiugró értékei nem arra utalnak, hogy az algoritmus egy másik lokális optimumot talált meg mint a többi esetben? Több, alkalmasan megválasztott példa lenne szükséges az új módszerek technikai részleteivel foglalkozó 4(b) altézis alátámasztására is.

A szerző szerteágazó, érzésem szerint a szükségesnél bonyolultabb, és nem egységes jelölésrendszert használ, néhány helyen hiányzó definíciókkal. A fejezetekre való tagolás is nagyon összetett (5 szintű), és sajnos az egyes fejezetcímek tipográfiája nem tükrözi a hierarchiában elfoglalt helyüket. Célszerű lenne elkerülni az olyan helyzeteket, amikor egy fejezetnek egyetlen alfejezete van, illetve amikor az egymás után következő alfejezetek különböző jellegű témákat tárgyalnak (pl. pl. a 2.7 rész alfejezetei közül kilóg a 2.7.3 *Kuhn-Tucker tétel*). Mindezek a problémák nehezítik, de nem akadályozzák meg a dolgozat megértését.

A dolgozat eredményeit a szerző 5 tézisben foglalja össze, amelyek darabonként 2 altézisből állnak. A tézisek közül kettőnek az összevonását tartanám indokoltnak, ezen kívül két altézist nem tartok

megfelelőnek. A többi tézist új tudományos eredmények tartom, és ezek alapján a disszertáció nyilvános vitára bocsátását javaslom.

Részletes vélemény

Ebben a részben elsősorban azokat a pontokat veszem sorra, amelyek további magyarázatot igényelnek, vagy ahol nem értek egyet a szerző lényeges megállapításaival.

A dolgozat rövid bevezetés után a 2. fejezetben az alkalmazott módszereket és alapfogalmakat ismerteti. Fontos és hasznos része ez a dolgozatnak, akár bővebb is lehetne, például a több célfüggvényes optimalizálás tárgyalása révén.

A 3. fejezet első fele tartók statikus teherre való optimalizálásáról szól. A fejezet elején a szerző új feltételek bevezetését javasolja a mérnöki gyakorlat szempontjából kedvezőbb tartók tervezése érdekében, ugyanakkor az optimalizálásnál alkalmazott feltételek nyilvánvalóan nem fednek le minden lehetséges tönkremeneteli lehetőséget. A gyakorlati alkalmazhatóság szempontjából fontos lenne tárgyalni az alkalmazott módszer korlátait, vagyis hogy mi az, ami veszélyes lehet, de hiányzik a tervezési és állapotfeltételekből. például, figyelembe van véve a rácsos tartók egyes nyomott rúdjaiknak kihajlás veszélye, de nincsenek figyelembe véve más stabilitásvesztési módok. Egy optimalizált és nagy valószínűséggel erősen kihasznált tartónál ugyanis különösen gyakran jönnek elő a számítás során figyelmen kívül hagyott tönkremeneteli módok.

Ebben a részben a szerző közelítéseket alkalmaz, mert a Capurso-Ponter elmélet nem adja meg a képlékeny kiegészítő munkát, ill. a tényleges elmozdulásokat, csak felső korlátot ad rájuk. Ezeket a pontatlan felső korlátokat beépítve az optimalizálási feladatba, a kapott eredmény sem lesz pontos. Kérdésem: mennyire pontatlan a gyakorlatban a Capurso-Ponter elmélet? Nem gátja ez az alkalmazásának? Ugyanez a kérdés merül fel Wierzbicki képlékeny alakváltozásokra vonatkozó felső korlátjával kapcsolatban a 3.3.3 fejezetben.

A dolgozat ütősszerű teherre és leeső testek elviselésére optimalizált tartók tervezésének kérdésével folytatódik. Erős egyszerűsítő feltételezések felhasználásával lényegében visszavezeti ezt a problémát a statikus teherrel terhelt tartók vizsgálatára. Az alkalmazott egyszerűsítések számos kérdést vetnek fel, amelynek tárgyalására a dolgozat nem tér ki. Úgy gondolom, hogy egyszerűsítések alkalmazása önmagában nem probléma, de valamilyen szinten szükséges lenne foglalkozni az így kapott eredmények megbízhatóságával. A 3.3.1.1 fejezetben a szerző azt feltételezi, hogy a tartót érő térben megoszló lökésszerű teher eloszlásával egyenesen arányos kezdősebességgel indul el a tartó. Mennyire pontatlan ez? Nem kellene figyelembe venni az egyes részek tömegeloszlását is? Mi történik, ha a tehereloszlás és így a tartó kezdősebessége nem folytonos? Ezután a 3.3.2 fejezet lényegében a lökésszerű teher egy speciális esetét, a leeső tárgy által okozott lökést tárgyalja. Itt mégis az előzőtől eltérő feltételezést javasol a szerző: azt írja, hogy a tartó kezdősebességének eloszlása tetszőlegesen megválasztható. Vajon mennyiben függ az eredmény a kiindulásként feltételezett sebességmezőtől? A tartó kezdősebessége mellett a mozgás lefolyására nézve is erős egyszerűsítéseket javasol a dolgozat (3.3.1.2 fejezet). Egy 1970-ben készült munkából veszi át azt a feltételezést, hogy minden szerkezet rész konstans lassulással mozog, amely arányos az adott szerkezet rész kezdősebességével, így az egész szerkezet egyszerre áll meg. Mennyire ad a valódi dinamikának ez a karikatúrája reális eredményt? Nem lehetséges a mai, fejlettebb számítástechnikai eszközök felhasználásával egy reálisabb, de számításigényesebb feltételezéssel élni? A szerző

megemlíti azt is, hogy a fentiekén kívül szükségesek még „bizonyos egyszerűsítési feltételek”, de hogy ezek mik, az a dolgozatban nincs leírva.

A 3. fejezetben a szerző foglalkozik az optimalizálási feladatok több célfüggvényes megfogalmazására (3.2.4.2, 3.2.3.2, fejezet) amelyekben az egyik célfüggvény a maradó elmozdulás felső korlátja lehet. Sajnos nincs leírva, hogy mi motiválja ezt, mikor a mérnöki gyakorlat sokszor más célfüggvényeket követel meg. Emellett célszerű lenne a dolgozatban a több célfüggvényes optimalálás hátterének, alapfogalmait ismertetni. A 3.2.4.3 részben szó esik arról, hogy a W_{p0} és u_{A0} korlátok megfelelő megválasztásával a módszer a rugalmas és az ideálisan képlékeny optimumot is megtalálja. Erre az egyszerű megállapításra altézis is épül. Azt sejtem, hogy a több célfüggvényes optimalálás célja ennek a ténynek illusztrálása lehet, de ez a dolgozathoz nem egyértelmű.

A 3.3.5.2 fejezet ismét több célfüggvényes optimalálást mutat be. Nem egyértelmű számomra, hogy dinamikus tehernél miért a maximális statikus teherbírás a célfüggvény az u_A lokális alakváltozás helyett. A Wierzbicki tétel miatt? Ehhez a részhez nem tartozik konkrét példa, és nem épül rá tézis sem. Véleményem szerint elhagyható lenne a dolgozathoz.

Ezután tárgyalja a szerző a szeizmikus teherre való optimalizálást. Amennyire értem, az Eurocode előírásait felhasználva statikus vizsgálatot végez a szerző, amelyben az alkalmazott szerkezeti méretek befolyásolják a szerkezetre helyezendő statikus terhek nagyságát. Ezért szükséges iterációt alkalmazni. A javasolt algoritmussal kapcsolatban több dolgot nem értek.

- Az algoritmus első lépésében a dolgozat szerint el kell végezni a 3.3.6.3 pontban leírt számítást is, noha ezt nem használjuk, mert a második lépéshez egyedül a helyettesítő terhek kellene.
- (3.64d) képlet M_i -re felső határt szab. A szöveges magyarázat szerint ez egy minimális keresztmetszeti méret előírását jelenti. Ez előírás? nem M_{pi} -re kellene alsó határt szabni?
- A 2. lépés végén a dolgozatban ez szerepel: a tartó *'kellő teherbírású az alkalmazott helyettesítő teherrel szemben, de nem lehetünk abban biztosak, hogy az...elmozdulási korlát is teljesül'*. Az állítás igaz, de ha A_i -t optimalizáljuk a 2. lépésben, akkor az hatással van a szerkezet tömegére és így a szabvány szerint alkalmazandó helyettesítő teherre, ezért az optimalizált szerkezet nem feltétlenül felel meg teherbírás szempontjából sem a szabványnak. Eszerint a 4. lépésben leírt iteratív ismétlés nem lehetséges, amint a dolgozatban szerepel, hanem feltétlenül szükséges. A dolgozat többi része, és a 3(b) tézis is *'iterációra épülő számítási eljárás'*-nak nevezi az itt leírtakat. Lényegében az iterációs algoritmus kidolgozása jelentheti a szerző új eredményét.
- A 2. lépésben a keresztmetszeti méretek a képlékeny teherbírasi korlát figyelembevételével kerülnek optimalizálásra. Az elmozdulási korlát szempontjából a kapott eredmény nem optimális, az elmozdulási korlát kielégítését pusztán a keresztmetszeti méretek azonos konstans szorzóval való növelése biztosítja. Kérdésem a szerzőhöz: mi akadályozza meg azt, hogy ez az algoritmus kis tömeg mellett nagy képlékeny teherbírású, de elmozdulás szempontjából kedvezőtlen szerkezetet adjon, amely a λ szorzók alkalmazása után az optimálisnál jóval nagyobb tömegű? Emiatt a probléma miatt jelenlegi formájában hibásnak tartom a 3(b) altézis állítását.
- A (3.64) feladatot a szerző „programozási feladatnak” nevezi. Korábban nemlineáris programozási feladatok szerepeltek a dolgozatban. Ez is az, vagy ez lineáris programozási feladat? Esetleg a lineáris programozási feladat egyszerűségének megőrzése miatt nem lehetett az elmozdulási korlátot bevenni a (3.64) optimalizálási feladat feltételei közé?

A dolgozat további részei topológiaoptimálással foglalkoznak, mind determinisztikus, mind bizonytalan terhek esetén. A 4. fejezet első felében a szerző iteratív megoldási algoritmust javasol lineárisan rugalmas síkbeli szerkezetek topológia optimalizálására, majd ezt kibővíti támaszoptimalizálás lehetőségével. Az alkalmazott módszer nagyszámú változó használatát tesz lehetővé. A dolgozathoz hiányolom annak részletesebb bemutatása, hogy milyen más módszerek léteznek ilyen nagy számú változó kezelésére, illetve a dolgozathoz nem derül ki egyértelműen, hogy az algoritmus alkotóelemei közül melyik a szerző önálló eredménye és melyik nem. Az erre vonatkozó 4(a) tézis nincs elég egyértelműen megfogalmazva, Az a megfogalmazás, hogy „optimalitási kritériumot adtam az optimális tervezés...matematikai programozási feladatának mechanikai modellezéséhez”, pontosításra szorul, mert a kritériumokat klasszikus eredmények (Lagrange, Kuhn-Tucker) adják.

A determinisztikus topológiaoptimálási részhez néhány megoldott példa is tartozik, és ezen példákon alapszik a dolgozat 4(b) tézise, amely az optimáló algoritmust javító technikákat sorol fel:

- büntetőparaméter alkalmas megválasztása
- iterációs lépésköz szabályozása
- az optimáló és a végeselemes eljárás összehangolása

amelyek „segítik a helyes topológia kialakulását és kisebb iterációszámot eredményeznek”. Azt gondolom, hogy mivel tézis mondja ki ezeket a megfigyeléseket, sokkal részletesebb bemutatásukra lenne szükség. A „büntetőparaméter alkalmas változtatásának” receptje le van írva a dolgozatban, de a szerző nem mutat példát arra, hogy mi történne, ha a büntetőparaméter végső értékét használná az eljárás elejétől kezdve. Ugyanez a helyzet az iterációs lépésköz szabályozásával. Számomra nem egyértelmű, hogy mit takar az „Az optimáló és a véges elemes eljárás összehangolása”. Valószínűleg a négy csomópontú tárcsaelemek választását, és/vagy az elsődleges és másodlagos véges elemes felosztást a sakktáblaminta elkerülése érdekében. A dolgozat nem mutatja be, hogy rosszabb lenne a helyzet ezek nélkül, az viszont egyértelműen látszik a bemutatott példákból, hogy az alkalmazott módszerek ellenére megjelenik a nem kívánt sakktáblaminta és köztes porozítású elemek is (4.1,4.2 táblázat; 4.12 ábra). Ami az iterációszámot illeti, a példánál meg vannak adva iterációs lépésszámok, de ezeket nincs mivel összehasonlítani. Nem derül ki, hogy a trükkök alkalmazása nélkül mennyivel lenne rosszabb a helyzet. A leírtak miatt a 4(b) altézist nem tartom kellően megalapozottnak.

Végül a dolgozat utolsó részében a szerző bizonytalan nagyságú, illetve támadáspontú terhekkel terhelt tartók optimalizálásával foglalkozik. Egy meglévő matematikai tétel felhasználásával visszavezeti ezeket a feladatokat a determinisztikus teher esetére, így az arra kidolgozott megoldási módszerek itt is alkalmazhatóak.

A tézisek értékelése

1. tézis: új tudományos eredménynek tartom a korábban külön létező globális és lokális képlékeny korlátok együttes alkalmazását, és az ehhez szükséges iterációs algoritmus kidolgozását. Az 1(b) altézis erejét jelentősen gyengíti, hogy nem ismertek az új algoritmus konvergencia-tulajdonságai, és ugyanez igaz valamennyi új algoritmusokra vonatkozó (a) tézisre is. Az 1(a) altézis esetén pedig hiánynak érzem a közelítések szerepének bemutatását. Vannak egyszerűsítő feltételezések, amelyek egyáltalán nincsenek leírva a dolgozatban, az csak hivatkozik más művekre.
2. tézis: a tézis megállapításait helyesnek tartom, de nem tartom indokoltnak az 1. és a 2. tézis szétválasztását, amely jelenlegi formájában logikátlan, mivel:

- A 2(a) altézis az 1(a) tézis eredményének szélesebb alkalmazhatóságát mondja ki a porózus anyag mások által kidolgozott koncepciójának felhasználásával.
 - Az 1(b) altézisben leírt algoritmus lényegében azonos módon alkalmazható az 1(a) és a 2(a) altézisben szereplő modellre.
 - A 2(b) altézis állítása nem az 2(a)-hoz kapcsolódik logikusan, hanem az 1(a)-hoz és a 2(a)-hoz együttesen.
3. tézis: az (a) altézisben a szerző mások által javasolt, erős leegyszerűsítések felhasználása után számítási módszert dolgoz ki impulzív teherrel, valamint leeső tárgyakkal terhelt tartók optimalizálására. Új tudományos eredménynek tartom az iterációs algoritmus kidolgozását. Valamelyest kérdésesnek tartom, hogy az alkalmazott egyszerűsítések nem csökkentik-e túlzottan az eredmények gyakorlati használhatóságát. Nem értem, hogy a leeső teher miért van külön kezelve, amikor lényegében az is a lökészerű teher egy típusa.
- A (b) altézis szerint a szerző számítási algoritmust dolgozott ki az Eurocode szabvány egyszerűsített földrengésvizsgálati eljárása (egyszerűsített modálanalízis) szempontjából optimális szerkezetek előállítására. A korábban leírtakkal összhangban az altézis állítását hibásnak tartom, mert a kapott megoldás az elmozdulási feltétel figyelembevételére esetén nem optimális.
4. tézis: az (a) altézis új tudományos eredménynek fogadom el, de a megfogalmazásán szükséges lenne javítani. Konkrétabbá kellene tenni, mit ért a szerző optimalitási kritérium alatt. Véleményem szerint a szerző saját eredménye ebben a témában az iterációs megoldási algoritmus kidolgozása, illetve támaszoptimalálással kibővített feladat esetén egy, a korábbiaktól kismértékben eltérő célfüggvény megadása. A második mondat első fele „Az alkalmazott modell, mint topológiaoptimalizációs feladat, és”, valamint az „iterációra alapuló” szókapcsolat nehezen értelmezhető.
- A (b) altézis matematikailag nem egzakt, de mérnöki alkalmazhatóság szempontjából érdekes állításokat mond ki. Sajnos az állítások helyessége a dolgozatban nem kerül megfelelően bemutatásra, így az altézis nem fogadható el új tudományos eredményként.
5. tézis: új tudományos eredménynek tartom, a 4(a) altézisben leírt „optimalitási kritériummal” kapcsolatos megjegyzés figyelembevételével.

További kérdések és megjegyzések

1. A dolgozat 3. fejezetében megfogalmazásra kerül az optimális tervezés alapfeladata dinamikus teherre (3.3.5.1 fejezet, (3.47) feladat). A leírtak jobb megértéséhez kérek választ az alábbiakra:
 - i. Mi a (3.42b)-ben a τ , milyen kapcsolatban áll τ_{A0} -al?
 - ii. Mit jelent (3.45)-ben h ?
 - iii. A dinamikus folyáshatár képletében (3.45) szereplő v_i az adott elem kezdősebessége. Mi ennek a fizikai háttere? Valójában nem egy pillanatnyi alakváltozási sebesség kellene, hogy ott legyen? Ha igen, akkor nem jelent problémát, hogy az alakváltozási sebesség a lassuló mozgás során folyamatosan változik?
 - iv. Nem értem a (3.47e-f) feltételeket. Ha τ_{A0} adott, akkor mindkét feltétel 1-1 felső korlátot ad u_A -ra (amiből az egyik x_i -nek is függvénye). Úgy tartanám logikusnak, ha (3.47e)-ben u_A helyére u_{A0} kerülne (amiből Wierbicki (1970) tétele miatt következik $u_A < u_{A0}$); (3.47f) pedig törölhető lenne

2. 2. old.: Mit jelent az, hogy „*a képlékenységtanban a felhasznált állapotegyenletek száma kevesebb lehet, mint rugalmasságtanban és ez viszonylag "jobb" megoldások meghatározását teszi lehetővé*” Nagyon bizonytalan megfogalmazás.
3. 10. old. a tartó költsége homogén anyag esetén **sem** arányos a tartó súlyával illetve térfogatával, legfeljebb közelítőleg az
4. 10. old. a (2.5) egyenlet egy megkötés? Minden célfüggvény ilyen alakú a dolgozatban? Szükséges ez?
5. 11. oldal teteje „több célfüggvényes feladat számítása bonyolult eljárásokat igényel” homályos megfogalmazás, miközben hiányzik, hogy mi a célja a több célfüggvénynek.
6. 14. old teteje: (2.19)-ben s_j is szerepel ismeretlenként. Az egyenletek számának képletét nem értem, pl. (2.20-21) összesen $2m$ darab egyenlet, nem pedig r .
7. (2.22) alatt ∇ gradienst jelent hasonlóan 2.7.1.1 fejezethez? Differenciáloperátorból nagyon sokféle van.
8. 2.7.4 alfejezet: A szekvenciális kvadratikus programozás algoritmusának magyarázat nélküli ismertetése kevés haszonnal jár, nem segíti az olvasót a megértésben. Mivel ez a rész mások eredményeinek ismertetése, elég lehet egy szimpla irodalmi hivatkozás a teljes leírás helyett.
9. 15. old, (2.25) alatt milyen „Lagrange szorzókra” gondol a szerző?
10. 15. old.: az NLPQL szubrutin fogalma nincs definiálva.
11. 16. old. van értelme többparaméteres terhelés esetén a kihasznált feszültségek módszeréről beszélni? Mit jelent ebben az esetben az, hogy egy elem teljesen kihasznált?
12. 17. old.: Miért gyorsítja (2.29) helyett (2.30) használata a konvergenciát? Elhanyagolhatóan kicsiny alakváltozásokat szenvedő, statikailag határozott, lineárisan rugalmas tartóknál $v=1$ az optimális választás, hiszen az egyetlen lépéssel a pontos értéket adja.
13. 17. old.: A 2.7.5.2 alfejezetben leírt módszer a szekvenciális kvadratikus programozási módszer egy alternatívája? A (2.31-32) feltétel igaz minden feladatra, amelyet a szerző vizsgált? Elég szigorú megkötésnek tűnik, viszont az alfejezet végén az szerepel, hogy az itt leírt módszert használta a szerző topológiai optimalásra.
14. 18. old.: a (2.35)-ben szereplő f_i és a (2.31)-ben szereplő f_i ugyanaz a függvény? Talán emiatt a kérdés miatt van, hogy a (2.36)-ot nem értem. A (2.37) képlet miért nem ott van, ahol a szöveg hivatkozik rá?
15. 21. old.: „az elmúlt években” helyett „elmúlt évtizedekben” lenne helyes megfogalmazás, a legfrissebb hivatkozás is 12 éves.
16. 21. old.: V és S a térfogat és a felület nagysága? Vagy a belső pontok halmazának és a felületi pontok halmazának jele?
17. 21. old.: a 3.1.1-ben bevezetett függvények valójában nem csak az idő, hanem hely függvényei is, de ezt a bevezetett jelölésmód nem tükrözi, további magyarázat szükséges
18. 22. old. mi az a „zavartalan terhelési folyamat”?
19. (3.2)-ben f a célfüggvény vagy képlékenységi feltétel? (3.3)-ban **C** az „anyag tulajdonságokat tartalmazó mátrix” Mit jelent ez konkrétan? Nagyon sok tulajdonsága van egy anyagnak.
20. 22. old.: a τ_A virtuális erő egy egységérő? Vagy infinitezimálisan kicsiny erő? Mivel fontos szerepe van ennek a (3.4)-ben, magyarázatot igényel.
21. 24. old.: (3.8) az i index definiálatlan, a jelölésjegyzéket kiegészíteném.
22. 24. old Milyen viszonyban van a (3.8) képlet a (3.3) becsléssel? Nem értem.

23. 24. old.: A W_{p0} „becslése” megtévesztő szóhasználat. Ez az optimáló mérnök által szabadon felvehető mennyiség, a szerző egy ökölszabályt ír le arra vonatkozóan, hogy hogyan érdemes felvenni.
24. 25. old.: A (3.9) feltétel milyen viszonyban van a (3.7) korláttal? Szükséges lenne a (3.9) képlet részletesebb ismertetése, az optimalizálandó változókmegadása.
25. 26. old.: a (3.13b-g) feltételek jelentését kérem elmagyarázni. Honnan jönnek az egyes egyenletek? Így áttekinthetőbb lesz, és tézis alapszik rá.
26. 26. old.: mit jelent az, hogy „a [lokális optimum] megoldás mérnöki szempontból megfelelő és minősíthető”?
27. 27. old.: a 3.2.3.2 alfejezet több olyan fogalmat használ, amelyek a dolgozat korábbi részében-beleértve a 2. fejezetet is- nem találhatók meg: vektroptimálási feladat, Pareto-optimális megoldások, gyenge-efficiens pontok, célfüggvények tere. Ha fontos, akkor magyarázni kell.
28. 28. old.: nem értem az oldal legelső mondatát. Ez a rész egyébként túl tömör, nem magyarázza el a több célfüggvényes optimalizálás alapjait. A szerző nem adja meg, hogy milyen algoritmussal oldotta meg a feladatot.
29. 29. old.: nincs megadva a 3.1-es táblázatnál W_{p0} ; a táblázat adatai nemtriviális trendeket mutatnak, pl. a 7. oszlopban lévő 4 érték közül egy nagyon kiugrik. Foglalkozott az eredmények interpretálásával a szerző? Jó lenne azt is látni, hogy az optimális megoldás mennyivel jobb egy egyszerű, intuitív, kézi tervezéssel készült tartónál.
30. 32. old.: „A Pareto-optimumok halmaza mérnökiileg egyenértékű lehet a (3.19) feladat optimális megoldásával” Nem értem, mi a szerző mondanivalója ezzel a mondattal.
31. 33. old.: Mit ért a szerző „eljárás konvergenciája” alatt és az hogyan látható a 3.5 ábrán? Az „eljárás konvergenciája” szerintem azt jelenti, hogy egy iterációs algoritmus során kapott közbenső eredmények tartanak a végleges eredményhez. Az ábra csak a végleges eredményt mutatja, a megoldási módszerről pedig nem tudunk meg semmit a dolgozathoz (lásd a 28. oldalhoz írt megjegyzésemet)
32. 38. old. teteje: nincs definiálva a parciális terhelés fogalma
33. 40. old. mit jelent az, hogy ’legjobb felső korlát’? a legjobb korlát mindig a pontos érték
34. 44. old.: ha a 3.3.6.1 fejezet az Eurocode vonatkozó módszerének összefoglalása, akkor azt jelezném hivatkozásként
35. 45. old.: u_y^* jelentését illetően ellentmondásos a szöveg és a 3-9 ábra
36. 48. old.: mi történik, ha $\lambda < 1$ adódik a 3. lépésben? Lehetséges ez?
37. 50. old. elírás 3.9 és 3.10 ábrák helyett 3.10, 3.11
38. 52. old. a 3.15 ábra nem látható megfelelően
39. 61. old (4.2a)-(4.2b) magyarázatát nem értem. Adott pontbéli elmozdulások nagyságát korlátozzuk vagy pedig a szerkezet rugalmas alakváltozási energiáját? A Δ_d mennyiség elmozdulás vagy energia dimenziójú? A (4.2b) miért csak 1 db., az elmozdulási korlát helyén ható erő esetén használható? Hiszen $\mathbf{u}^T \mathbf{K} \mathbf{u}$ a szerkezetre ható tetszőleges terhek külső munkája, ami nem köthető egyetlen ponthoz.
40. 61. old.: $t_g=0$ nem a tényleges súlyt adja
41. 62. old. a $\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{P}$ egyenletben \mathbf{P} az ismeretlen?? Nem \mathbf{P} adott és \mathbf{u} az ismeretlen?
42. 62. old.: „mérnöki szempontból még elemzésre szorul” – ez a mondat önmagában, konkrétumok nélkül keveset mond. Arra utal, hogy a módszer lokális optimumot is adhat?
43. 65. old „elsőrendű optimalitási feltételek azonossága” definiálatlan
44. 66. old. a 11-es lépésről 5. helyett 4-re kell visszaugrani

45. 67-68. old. a 4.3.1 fejezetben felesleges ennyi jelölést bevezetni. Nem szükséges, hogy a célfüggvény minden tagja súlynak legyen álcázva, hiszen (4.18) szerint a célfüggvény most nem kizárólag súly. Ráadásul nehezen követhető a szöveg : „*a rúdelemek anyagának fajsúly mérőszámába beleértjük a $k\sigma_y$ illetve $b\sigma_y$ szorzatokat*”.
46. 71. old.: a(4.26) képletben \bar{f}_i elírás?
47. 75. old.: **b** vektor helyett korábban (és logikusabban) **P**-t használ a szerző
48. 76. old.: mit jelképeznek a helyettesítő erőrendszer P_{ij} erőnagyságai? Akárhol is van a P_i erő, a nagysága adott, csak a támadáspontja bizonytalan.
49. 77. old.: a (4.42b-d) egyenlet alatti bekezdés önmagában nem érthető, minden részét magyarázni kell. Milyen unicitás vesz el? Le van írva valahol a dolgozatban, hogy mely esetben garantált a megoldás unicitása?
50. 78. oldal és több más helyen. t_{\min} kicsiny de pozitív értéke a dolgozatban szereplő állítással ellentétben meglehetősen rosszul kondicionált merevségi mátrixot eredményez, de ez még mindig jobb, mint egy szinguláris merevségi mátrix, ami $t_{\min}=0$ esetén adódhatna.
51. 89. old.: a 4.20 és 4.21 ábra nincs felcserélve? Az előző két ábrával való vizuális összehasonlítás ezt sugallja
52. 91. old.: a 4.24-4.27 ábrák között tapasztalható különbség nem írható részben annak a számlájára, hogy determinisztikus teher esetén sincs unicitás, az eredmény nagyon érzékeny a bemenő adatokra?

Budapest, 2014. szeptember 15.

Várkonyi Péter